Lycée Charles Coëffin — Sciences physique

Fiche de travaux pratiques — CPGE TSI2

TD 3 : Oscillateurs électroniques

Objectifs

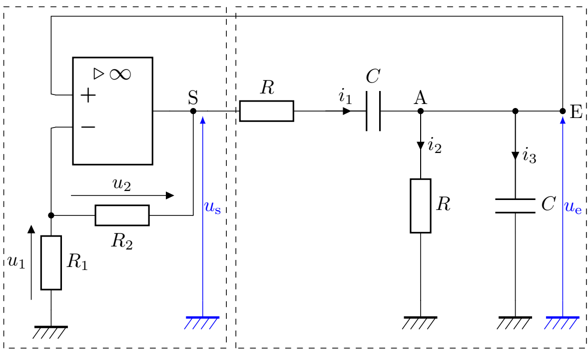
- Analyser un montage en le séparant des blocs.
- Exprimer les conditions théoriques d'auto-oscillation d'un oscillateur quasi linéaire.
- Analyser l'équation différentielle d'un oscillateur quasi linéaire.
- Décrire les séquences de fonctionnement d'un oscillateur de relaxation.
- Exprimer les conditions de basculement d'un ALI saturé.
- Calculer la période d'un oscillateur de relaxation.

Pré-requis : régime sinusoïdal forcé, méthode complexe, associations d'impédances complexes ; signal périodique, décomposition d'un signal, fonction de transfert ; propriétés d'un ALI en régimes linéaire et saturé, modèles d'ALI idéal et ALI linéaire du 1er ordre et leurs limites.

1 Cahier d'entraînement

Oscillateur à pont de Wien

Entraînement 20.7 — Oscillateur à pont de Wien.



a) Pour observer des oscillations avec ce circuit, comment l'ALI doit-il fonctionner ?

(a) en régime linéaire

(b) en régime saturé

(c) alternativement en régime linéaire et saturé

....

b) Le pont diviseur de tension du cadre de gauche permet d'écrire une relation entre u_1 et u_s.

Écrire cette relation en posant $A = \dfrac{R_1 + R_2}{R_1}$ ....

c) Quelle est l'impédance équivalente $\underline{Z_1}$ du système $\{R - C\}$ série situé entre S et A ?

(a) $R + \underline{Z_C}$ (b) $\dfrac{R\underline{Z_C}}{R + \underline{Z_C}}$ (c) $\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{\underline{Z_C}}$ (d) $\dfrac{1}{R + \underline{Z_C}}$

....

d) Quelle est l'impédance équivalente $\underline{Z_2}$ du système $\{R - C\}$ série parallèle situé entre AE et la masse ?

(a) $R + \underline{Z_C}$ (b) $\dfrac{R\underline{Z_C}}{R + \underline{Z_C}}$ (c) $\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{\underline{Z_C}}$ (d) $\dfrac{1}{R + \underline{Z_C}}$

e) En utilisant des impédances équivalentes $\underline{Z_1}$ et $\underline{Z_2}$, déterminer le rapport $\dfrac{\underline{u_\mathrm{s}}}{\underline{u_\mathrm{e}}}$ en fonction de $\underline{Z_C}$ et R.

f) Parmi les équations suivantes, déterminer celle qui est vérifiée par $\underline{u_\mathrm{s}}$.

(a) $\left[(\mathrm{j}\omega)^2 - \dfrac{1}{R^2C^2} + \dfrac{\mathrm{j}\omega}{RC}(3-A)\right]\underline{u_\mathrm{s}} = 0$

(b) $\left[(\mathrm{j}\omega)^2 + \dfrac{1}{R^2C^2} - \dfrac{\mathrm{j}\omega}{RC}(3-A)\right]\underline{u_\mathrm{s}} = 0$

(c) $\left[(\mathrm{j}\omega)^2 - \dfrac{1}{R^2C^2} - \dfrac{\mathrm{j}\omega}{RC}(3-A)\right]\underline{u_\mathrm{s}} = 0$

(d) $\left[(\mathrm{j}\omega)^2 + \dfrac{1}{R^2C^2} + \dfrac{\mathrm{j}\omega}{RC}(3-A)\right]\underline{u_\mathrm{s}} = 0$

g) Transposer l'équation complexe précédente et en déduire une équation différentielle portant sur $u_\mathrm{s}(t)$.

Entraînement 20.8 — Conditions d'oscillations.

Pour l'oscillateur à pont de Wien précédent, on donne l'équation différentielle suivante :

$$\frac{\mathrm{d}^2 u_\mathrm{s}}{\mathrm{d}t^2} + \frac{3-A}{RC}\frac{\mathrm{d}u_\mathrm{s}}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{R^2C^2}u_\mathrm{s} = 0.$$

a) Indiquer la condition théorique pour obtenir des oscillations sinusoïdales.

(a) $A = 3$ (b) $A < 3$ (c) $A > 3$

b) Dans ce cas, indiquer la fréquence de ces oscillations sinusoïdales.

(a) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{(3-A)}{RC}}$ (c) $\dfrac{RC}{2\pi(3-A)}$ (e) $\dfrac{1}{2\pi RC}$

(b) $\dfrac{(3-A)}{2\pi RC}$ (d) $\dfrac{2\pi(3-A)}{RC}$ (f) $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{RC}}$

c) Si $A < 3$, indiquer le comportement ultérieur.

(a) oscillations amorties
(b) saturation
(c) oscillations sinusoïdales

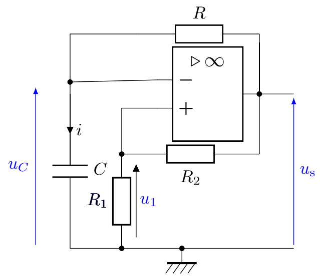
d) Si $A > 3$, indiquer le comportement ultérieur.

(a) oscillations amorties
(b) saturation
(c) oscillations sinusoïdales

Oscillateurs à relaxation

Entraînement 20.9 — **Multivibrateur astable.**

Dans le circuit ci-contre, l'amplificateur linéaire intégré (ALI) est supposé idéal.



a) *A priori*, quel est le régime de fonctionnement de l'ALI ?

(a) régime linéaire (c) impossible de répondre

(b) régime saturé

....

Supposons que l'ALI fonctionne en régime saturé, avec à l'instant initial $t = 0$, $u_s = V_{sat}$.

b) Exprimer la tension u_1 en fonction des résistances R_1, R_2 et de la tension de saturation V_{sat} .....

c) Écrire la relation entre l'intensité i et la tension u_C ....

d) Écrire la relation entre l'intensité i, les tensions u_C et V_{sat} et la résistance R.

....

e) Déduire des deux relations précédentes, l'équation différentielle liant R, C, u_C et V_{sat}.

(a) $\dfrac{du_C}{dt} - \dfrac{u_C}{RC} = \dfrac{V_{sat}}{RC}$

(b) $\dfrac{du_C}{dt} - \dfrac{u_C}{RC} = -\dfrac{V_{sat}}{RC}$

(c) $\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{u_C}{RC} = -\dfrac{V_{sat}}{RC}$

(d) $\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{u_C}{RC} = \dfrac{V_{sat}}{RC}$

....

f) Quelle est la solution de l'équation homogène (sans second membre), avec A constante ?

(a) $u_C = A\exp(-RCt)$

(b) $u_C = A\exp(RCt)$

(c) $u_C = A\exp\left(-\dfrac{t}{RC}\right)$

(d) $u_C = A\exp\left(\dfrac{t}{RC}\right)$

....

g) Que dire de la solution particulière de l'équation ?

(a) Elle est nulle. (c) C'est une variable.

(b) C'est une constante. (d) On ne peut pas savoir.

....

h) Supposons qu'à l'instant initial $t = 0$, le condensateur soit déchargé. Indiquer son comportement.

(a) Il se charge. (b) Il se décharge. (c) Rien ne se passe.

....

i) Comment évolue la tension différentielle d'entrée $\varepsilon = V_+ - V_-$ si le condensateur se charge ?

(a) Elle n'évolue pas. (b) Elle augmente. (c) Elle diminue.

....

j) Que va-t-il se passer pour l'amplificateur linéaire intégré au bout d'un certain temps ?

(a) Il va claquer. (b) Il va basculer en saturation négative. (c) Il va passer en fonctionnement linéaire.

....

2 Annale

IV Oscillateurs

On s'intéresse ici aux dispositifs résonateurs ou oscillateurs : ils sont capables de générer des oscillations à une fréquence qui leur est propre.

IV.A – Dans le circuit électrique d'oscillation est ajouté une « contre-réaction » ; on va s'intéresser, dans un premier temps, au rôle de la contre-réaction. Le circuit étudié est représenté figure 8.

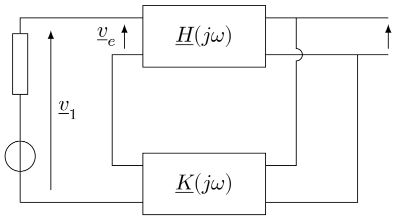


Figure 8

Le schéma du circuit peut prendre la forme de deux quadripôles de fonctions de transfert respectives $\underline{H}(j\omega)$ et $\underline{K}(j\omega)$ (définies comme le rapport des amplitudes complexes de la tension de sortie sur la tension d'entrée).

Donner les relations faisant intervenir les fonctions de transfert :

Q 28. entre $\underline{v}_s$ et $\underline{v}_e$;

Q 29. entre $\underline{v}_s$, $\underline{v}_e$ et $\underline{v}_1$.

Q 30. En déduire la fonction de transfert globale du montage $\underline{A}(j\omega) = \underline{v}_s/\underline{v}_1$ en fonction de $\underline{H}(j\omega)$ et $\underline{K}(j\omega)$.

À fréquence non nulle, l'ensemble représenté peut constituer un oscillateur si la tension de sortie est non nulle alors que la tension d'entrée est nulle. En effet, le montage est alors capable de générer seul des oscillations.

Q 31. Donner une relation vérifiée par $\underline{H}(j\omega)$ et $\underline{K}(j\omega)$ qui permette d'avoir un oscillateur.

En déduire deux relations :

Q 32. entre les gains $|\underline{H}(j\omega)|$ et $|\underline{K}(j\omega)|$ notée relation (R1) ;

Q 33. entre les phases $\arg(\underline{H}(j\omega))$ et $\arg(\underline{K}(j\omega))$ notée relation (R2).

IV.B – Dans cette sous-partie, on étudie le filtre de Wien, dont on va voir après qu'il peut servir dans un montage oscillateur.

Le filtre est constitué de deux condensateurs identiques de capacité C et de deux conducteurs ohmiques identiques de résistance R. Le circuit correspondant est représenté sur la figure 9.

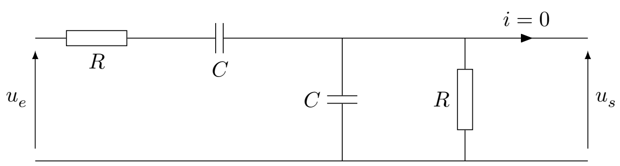


Figure 9

Q 34. Déterminer la fonction de transfert $\underline{K}(j\omega) = \underline{u}_s/\underline{u}_e$ de ce filtre.

Q 35. Représenter l'allure du gain $|\underline{K}(j\omega)|$ de ce filtre en fonction de ω.

Q 36. Donner l'expression de la pulsation de résonance en fonction de R et de C. Que vaut $|\underline{K}(j\omega)|$ à la résonance ?

IV.C – Le filtre de Wien est inséré dans le montage de la figure 10 ; on supposera que l'amplificateur linéaire intégré est idéal et fonctionne en régime linéaire.

On choisit de se placer à la pulsation $\omega_0 = \dfrac{1}{RC}$. Les notations employées ici sont volontairement similaires à celles de la figure 8.

Q 37. Exprimer, uniquement en fonction de R, l'impédance complexe de la branche où R et C sont en série.

Q 38. Même question pour R et C en parallèle.

Q 39. Que vaut le rapport $\left|\dfrac{\underline{v}}{\underline{v}_s}\right|$? Commenter par rapport à l'étude faite en IV.B.

Q 40. Exprimer la différence de potentiel $\underline{v}$ en fonction de $\underline{v}_e$, $\underline{v}_s$, R_1 et R_2.

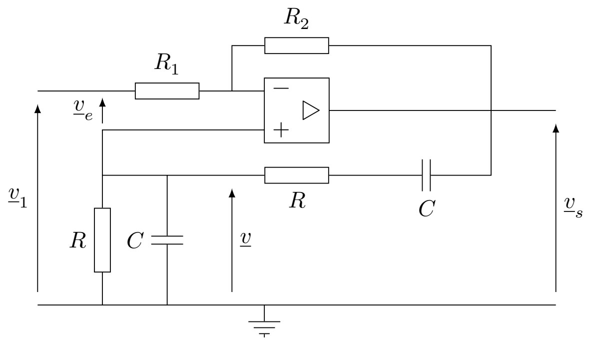


Figure 10

Q 41. Déterminer l'expression de la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega_0)$.

Q 42. Proposer des valeurs de R_1 et de R_2 permettant à ce montage de fonctionner comme oscillateur.

IV.D – Plus fiable que les oscillateurs électriques, une lame de quartz peut être utilisée à la place du filtre de Wien. On donne fréquemment pour le quartz le modèle électrique de la figure 11 qui résume assez bien son comportement.

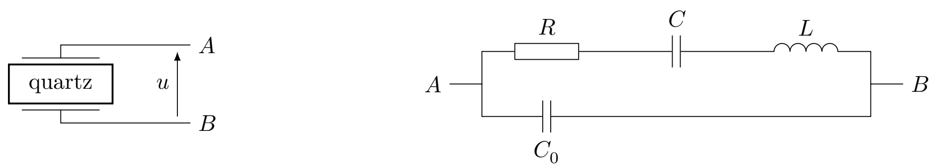


Figure 11

Q 43. Étudier le comportement asymptotique du modèle : il s'agit, *qualitativement*, de trouver une représentation simplifiée du quartz pour les cas $\omega \to 0$ et $\omega \to \infty$.

La courbe de la figure 12 représente l'allure de la partie imaginaire de l'impédance équivalente du modèle électrique du quartz : $\mathrm{Im}(\underline{Z}_{AB})$ en fonction de la fréquence lorsque la résistance R est négligeable.

Q 44. Quelles sont les pulsations remarquables ?

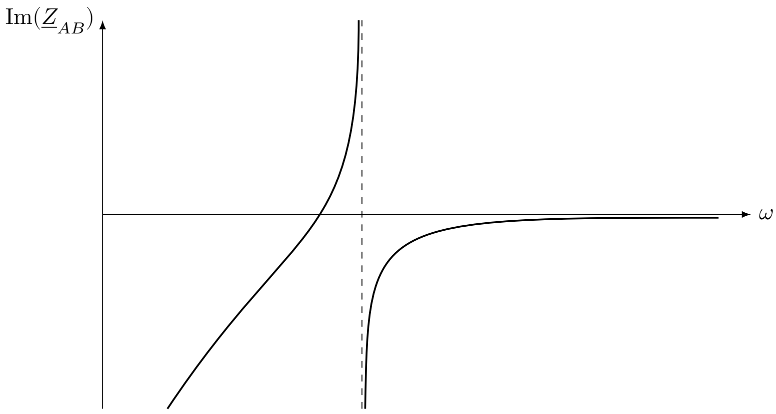


Figure 12

Q 45. Dans quel(s) intervalle(s) peut-on dire que le comportement du quartz est capacitif ?

• • • FIN • • •